4П

УДК 681.142.2/621.315

П.Г. Плешков, А.П. Денисенко
Кировоградский национальный технический университет, г. Кировоград, Украина
nitr0@mail.ru

Программно-аппаратный комплекс для сбора и статистического анализа информации от средств измерения показателей качества электроэнергии с интеллектуальным формированием отчета

В статье разработан программно-аппаратный комплекс для сопряжения приборов измерения основных показателей качества электроэнергии с ПК с возможностью статистической обработки принятой информации.

Введение

Актуальность темы исследования

Современные промышленные предприятия имеют большое количество и мощность оборудования с нелинейными вольт-амперными характеристиками (ВАХ). На данном этапе развития систем энергоснабжения актуальной является задача контроля качества электроэнергии, которая обеспечивает не только продуктивную и надежную работу разнообразного промышленного и бытового оборудования, но и оказывает содействие экономному и рациональному потреблению энергоресурсов.

Систему показателей качества электрической энергии образовывают количественные и качественные характеристики медленных и быстрых изменений действующего значения напряжения, формы кривых тока и напряжения и симметрии напряжения в трехфазной системе.

В данное время в Украине действует межгосударственный стандарт ГОСТ 13109-97, который устанавливает нормированные значения показателей качества электрической энергии в нормальном и послеаварийном режимах работы электрической сети.

В Украине были разработаны приборы для контроля основных показателей качества электроэнергии (ПКЭ) (43203, 43204, 43250) и прибор для статистической обработки информации 43401. На текущий момент существует значительное количество современных многофункциональных приборов для контроля ПКЭ, но их объединяет высокая стоимость и необходимость использования дополнительных компонентов для связи с ПЭВМ.

Задача работы

Создать программно-аппаратный комплекс для сбора и статистической обработки информации, полученной от приборов серии 43ХХХ.

Актуальность задачи

На современном уровне требований к информационной технике, использование приборов серии 43ХХХ становится невозможным из-за отсутствия приборов сопряжения и несовместимость используемых интерфейсов передачи данных.

1. Состав комплекса

Комплекс состоит из 3-х частей.

1. Контроллер, снабженный 3-мя входами (с возможностью расширения до 6) для сопряжения с приборами 43203, 43204 и 43250, а также – портом RS-232 для связи с ПК.
2. Программа для сбора информации, полученной контроллером.
3. Программа для статистической обработки полученной информации, с выводом отчета в формате TeX.

Актуальность выбора формата. Формат TeX был выбран, т.к. он наиболее полно удовлетворял следующим требованиям.

1. Открытый формат.
2. Простота создания документа и возможность последующего редактирования вручную.
3. Возможность создания таблиц.
4. Возможность размещения формул в тексте.
5. Возможность использования растровой или векторной графики (желательно – встроенной в документ).
6. Возможность конвертации в какой-либо из популярных форматов документов (к примеру, PDF) без потери форматирования.

Хотя TeX имеет некоторые ограничения для векторной графики (в частности невозможно построить прямую, наклоненную под произвольным углом к горизонтальной оси), но его возможностей вполне хватает для поставленной задачи – построения гистограмм и ступенчатых графиков.

2. Блок-схема аппаратной части комплекса

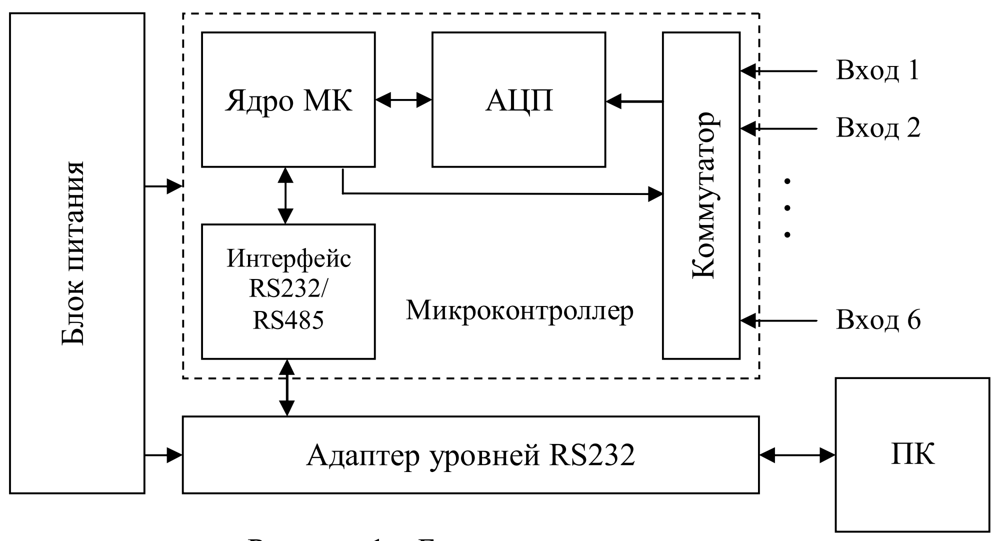


Рисунок 1 – Блок-схема контроллера

3. Структура отчета

По каждому из приборов делается статистический анализ с выводом гистограмм распределения отклонения исследуемых параметров сети. В отчете строится ступенчатый график изменения исследуемых параметров с усреднением на выбранном интервале (15, 20, 30 или 60 минут) и детальный график изменения измеряемого параметра на одном из интервалов по выбору оператора программы.

4. Программная часть комплекса

Состав.

1. Программа для сбора статистической информации от 3 приборов серии 43XXX в файл.

2. Программа для статистической обработки полученных данных и формирования документа в формате TeX.

3. TeX-файлы со стилями и т.д., обеспечивающие формирование отчета в pdf-формате.

5. Программа для сбора статистической информации

Вход.

1. Данные с контроллера, полученные через порт RS-232.

2. Указанные оператором точка проведения измерения, тип и установки подсоединенных к каждому каналу приборов

Выход. Файл, содержащий результаты измерений со следующей структурой.

1. Заголовок, содержащий введенную оператором информацию.

```
Stats
ЕПП
ЛБ№3
43203
dU3ф
0
3x380V
43204
U0
500mA/5%
380V
43250
U - Кнс
10%
CA
```

2. Массив, содержащий результаты измерений (время и величина по каждому из входов).

```
 3.93915044649884E+0004 127 126 82
 3.93915045236343E+0004 127 131 80
 3.93915045822917E+0004 126 130 81
 3.93915046995833E+0004 128 124 80
```

…………..

6. Программа для статистической обработки

Вход. Файл с результатами работы программы 1.
Выход. Файлы:
1. header.sty – формирует колонтитулы страницы.
2. result.tex – результаты статистической обработки (рис. 2) и график (рис. 3).
3. graph.tex – детализированный график за один интервал усреднения (рис. 4).
Преобразования (процедуры)
Процедура статистической обработки.
Выход. Массив вероятностей попадания величины в интервал.
Процедура формирования таблицы отчета.
Выход. Таблица вероятностей попадания величины в интервал (рис. 2).
Процедура формирования гистограммы отчета.
Выход. Гистограмма вероятностей попадания величины в интервал (рис. 2).

7. Процедура формирования гистограммы отчета

Выход. (Строки для вывода гистограммы в файле result.tex)

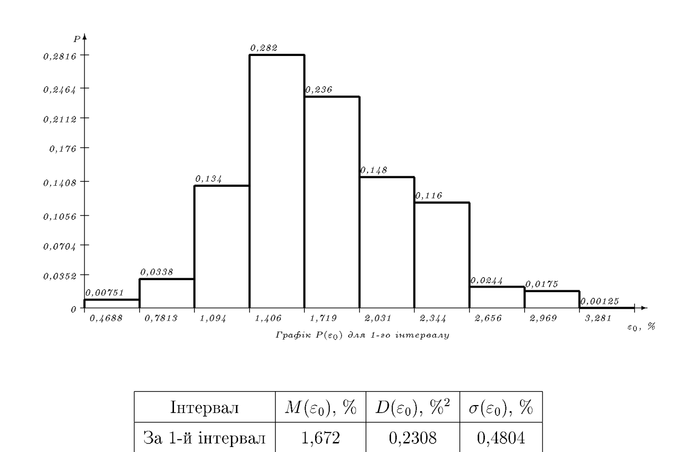
```
\begin{picture}(70,75)
\put(15,7){\vector(1,0){53}}
\put(70,2){\llap{\tiny\it $\Delta U_\text{\it 3ф}$, \%}}
\put(15,7){\vector(0,1){65}}
\put(14,70){\llap{\tiny\it P}}
\put(15,6){\line(0,1){2}}
\put(32,6){\line(0,1){2}}
\put(48,6){\line(0,1){2}}
\put(65,6){\line(0,1){2}}
\put(16,4){\rlap{\tiny\it-1,875}}
\put(33,4){\rlap{\tiny\it-0,625}}
\put(49,4){\rlap{\tiny\it0,625}}
\put(14,7){\line(1,0){2}}
\put(13,6){\llap{\tiny\it0}}
\put(14,15){\line(1,0){2}}
\put(13,14){\llap{\tiny\it0,07955}}
\put(14,22){\line(1,0){2}}
\put(13,21){\llap{\tiny\it0,1591}}
\put(14,29){\line(1,0){2}}
\put(13,28){\llap{\tiny\it0,2387}}
\put(14,37){\line(1,0){2}}
\put(13,36){\llap{\tiny\it0,3182}}
\put(14,45){\line(1,0){2}}
\put(13,44){\llap{\tiny\it0,3978}}
\put(14,52){\line(1,0){2}}
\put(13,51){\llap{\tiny\it0,4773}}
\put(14,59){\line(1,0){2}}
\put(13,58){\llap{\tiny\it0,5569}}
\put(14,67){\line(1,0){2}}
\put(13,66){\llap{\tiny\it0,6364}}
```

```
\put(15,22){\rlap{\tiny\it0,146}}
\put(32,68){\rlap{\tiny\it0,636}}
\put(48,29){\rlap{\tiny\it0,218}}
\linethickness{0.5mm}
\put(15,7){\line(0,1){14}}
\put(15,21){\line(1,0){17}}
\put(32,7){\line(0,1){60}}
\put(32,67){\line(1,0){16}}
\put(48,7){\line(0,1){60}}
\put(48,28){\line(1,0){17}}
\put(65,7){\line(0,1){21}}
\put(20,0){\rlap{\tiny\it Графік $P(\Delta U_\text{\it 3ф})$
для 1-го інтервалу}}
\end{picture}
```

Результат преобразования файла системой LaTeX.

лб№3 **епп**

№ інтервалу	Інтервали коефіцієнта ε_0, %	Значення середини інтервалу, %	Ймовірність потрапляння в інтервал P	Інтегральна ймовірність
За 1-й інтервал з 05.11.2007 12:15:00 до 05.11.2007 14:30:00				
1	0,3125..0,625	0,4688	0,007509	0,007509
2	0,625..0,9375	0,7813	0,03379	0,0413
3	0,9375..1,25	1,094	0,1339	0,1752
4	1,25..1,563	1,406	0,2816	0,4568
5	1,563..1,875	1,719	0,2359	0,6927
6	1,875..2,188	2,031	0,1477	0,8404
7	2,188..2,5	2,344	0,1164	0,9568
8	2,5..2,813	2,656	0,02441	0,9812
9	2,813..3,125	2,969	0,01752	0,9987
10	3,125..3,438	3,281	0,001252	1



Інтервал	$M(\varepsilon_0)$, %	$D(\varepsilon_0)$, %^{2}	$\sigma(\varepsilon_0)$, %
За 1-й інтервал	1,672	0,2308	0,4804

Рисунок 2 – Результаты статистической обработки

Преобразования процедуры.

1. Рисование осей координат.
2. Рисование ступенек гистограммы.

Процедура рисования гистограммы.

```
 for i:=0 to svmax-1 do begin
    num:=0;
    smin:=15;
    smax:=0;
    ivmax:=0;
//определение начального и конечного интервала
    for j:=0 to 15 do
      if iv[i][j]<>0 then begin
        if smin>j then smin:=j;
        if smax<j then smax:=j;
        if iv[i][j]>ivmax then ivmax:=iv[i][j];
        num:=num+iv[i][j];
      end;
//Рисование осей
    if smax-smin>5 then begin
      OutLn('\begin{picture}(150,75)');
      OutLn('\put(15,7){\vector(1,0){133}}');
      OutLn('\put(150,2){\llap{\tiny\it $'+par[inp]+'$,
'+mu[inp]+'}}')
    end
    else begin
      OutLn('\begin{picture}(70,75)');
      OutLn('\put(15,7){\vector(1,0){53}}');
      OutLn('\put(70,2){\llap{\tiny\it $'+par[inp]+'$,
'+mu[inp]+'}}');
    end;
    OutLn('\put(15,7){\vector(0,1){65}}');
    OutLn('\put(14,70){\llap{\tiny\it P}}');
//Определение масштаба
    if smax-smin>5 then
      dx:=130/(smax-smin+1)
    else
      dx:=50/(smax-smin+1);
    for j:=smin to smax+1 do
      OutLn('\put('+IntToStr(15+round((j-
smin)*dx))+',6){\line(0,1){2}}');
    for j:=smin to smax do
      OutLn('\put('+IntToStr(16+round((j-
smin)*dx))+',4){\rlap{\tiny\it'
        +FloatToStrEx(v0[inp]+(v15[inp]-
v0[inp])*(j+0.5)/16,3)+'}}');
    if ivmax<>0 then dy:=60/ivmax else dy:=60;
//Разметка осей
    for j:=0 to 8 do begin
      OutLn('\put(14,'+IntToStr(7+round(j*60/8))+
'){\line(1,0){2}}');
      OutLn('\put(13,'+IntToStr(6+round(j*60/8))+
'){\llap{\tiny\it'
```

```
        +FloatToStrEx(ivmax*j/(8*num),3)+'}}');
    end;
    for j:=smin to smax do
      OutLn('\put('+IntToStr(15+round((j-smin)*dx))+','
        +IntToStr(8+round(iv[i][j]*dy))+'){\rlap{\tiny\it'
        +FloatToStrEx(iv[i][j]/num,2)+'}}');
    OutLn('\linethickness{0.5mm}');
    OutLn('\put(15,7){\line(0,1){'+
IntToStr(round(iv[i][smin]*dy))+'}}');
//Рисование ступенек гистограммы
    for j:=smin to smax do begin
      OutLn('\put('+IntToStr(15+round((j-smin)*dx))+','
        +IntToStr(7+round(iv[i][j]*dy))+'){\line(1,0){'+
        IntToStr(round((j-smin+1)*dx)-round((j-
smin)*dx))+'}}');
      if iv[i][j]<iv[i][j+1] then
        OutLn('\put('+IntToStr(15+round((j-
smin+1)*dx))+',7'+'){\line(0,1){'
          +IntToStr(round(iv[i][j+1]*dy))+'}}')
      else
        OutLn('\put('+IntToStr(15+round((j-
smin+1)*dx))+',7'+'){\line(0,1){'
          +IntToStr(round(iv[i][j]*dy))+'}}');
    end;
    if smax-smin>5 then
      OutF:=OutF+'\put(60,0)'
    else
      OutF:=OutF+'\put(20,0)';
  OutF:=OutF+'{\rlap{\tiny\it Графік $P('+par[inp]+')$ для ';
    if i mod 4 <>3 then
      OutLn(IntToStr((i div 4)*3 + i mod 4 + 1)+'-го
інтервалу}}')
    else
      OutLn(IntToStr(i div 4)+'-ї доби}}');
    OutLn('\end{picture}');
  end;
```

8. Процедура формирования ступенчатого графика

Вход.
StatData – массив результатов измерений,
inp – номер канала, для которого строится график,
st – начальный отсчет,
len – длина интервала, для которого строится график,
text – подпись под графиком.
Выход.
TeX-файл, содержащий график (result.tex) (рис. 3).

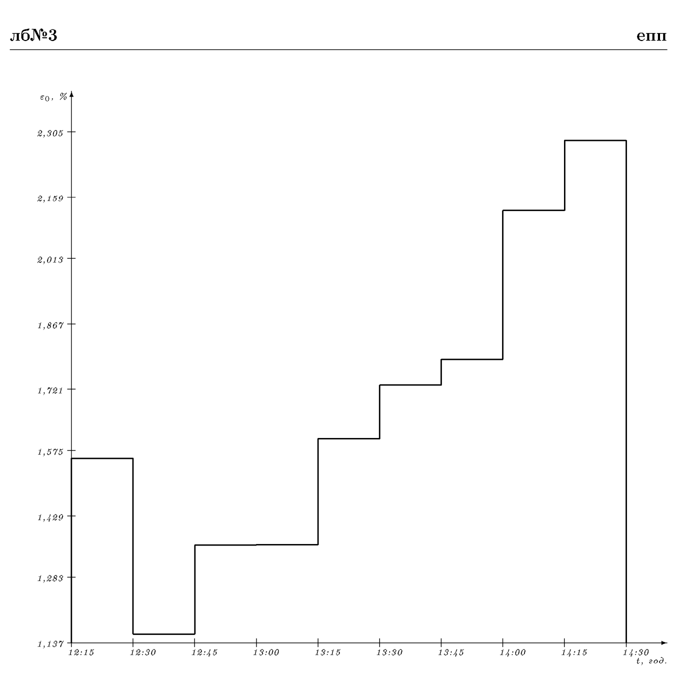


Рисунок 3 – Ступенчатый график

Преобразования.

1. Вычисление усредненных значений на каждом интервале.
2. Рисование осей координат.
3. Рисование ступенчатого графика (рис. 3).

Процедура для построения ступенчатого графика.

```
procedure TForm1.MakeGraph(inp:byte; st:integer; len:integer;
text:string);
var dx,dy,ivmax,ivmin:real;
    gr:array of real;
    j,k,grlen,t_st:integer;
begin
  //Построение массива усредненных значений
  ivmax:=0;
  k:=0;
  for j:=1 to len do begin
    ivmax:=ivmax+StatData[j-1].v[inp];
    if (j mod (120 div HrDiv) = 0) or (j=len) then begin
      SetLength(gr,k+1);
      gr[k]:=ivmax*HrDiv/(120*256);
      inc(k);
      ivmax:=0;
    end;
  end;
  grlen:=k;
  //Вычисление времени, соответствующего началу отсчета
графика
  t_st:=round((StatData[st].time-
trunc(StatData[st].time))*24*HrDiv);
```

```
  //Вывод заголовка
  OutLn('\begin{center}');
  OutLn('\begin{picture}(160,150)');
  //Построение осей координат
  OutLn('\put(15,7){\vector(0,1){135}}');
  OutLn('\put(160,2){\llap{\tiny\it $t$, год.}}');
  OutLn('\put(14,140){\llap{\tiny\it $'+par[inp]+'$,
'+mu[inp]+'}}');
  OutLn('\put(15,7){\vector(1,0){145}}');
  dx:=135/grlen;
  for j:=0 to grlen do begin
    OutLn('\put('+IntToStr(15+round(j*dx))+
',6){\line(0,1){2}}');
    k:=((t_st+j)*60 div HrDiv) mod 60;
    OutF:=OutF+'\put('+IntToStr(14+round(j*dx))+
',4){\rlap{\tiny\it'
      +IntToStr(((t_st + j) div HrDiv ) mod 24)+':';
    if k<10 then OutF:=OutF+'0';
    OutLn(IntToStr(k)+'}}');
  end;
  //определение минимальной и максимальной ординаты
  ivmax:=0;
  ivmin:=256;
  for j:=0 to grlen - 1 do begin
    if ivmax<gr[j] then ivmax:=gr[j];
    if ivmin>gr[j] then ivmin:=gr[j];
  end;
  if (ivmin>1/256) then ivmin:=ivmin-1/256;
  ivmax:=ivmax+1/256;
  dy:=125/(ivmax-ivmin);
  for j:=0 to 8 do begin
    OutLn('\put(14,'+IntToStr(7+round(j*125/8))+
'){\line(1,0){2}}');
    OutLn('\put(13,'+IntToStr(6+round(j*125/8))+
'){\llap{\tiny\it'
      +FloatToStrEx(v0[inp]+(ivmin+(ivmax-
ivmin)*j/8)*(v15[inp]-v0[inp]),3)+'}}');
  end;
  //построение графика
  OutLn('{\unitlength=0.1mm');
  dx:=dx*10;
  dy:=dy*10;
  OutLn('\linethickness{0.3mm}');
  OutLn('\put(150,70){\line(0,1){'
    +IntToStr(round((gr[0]-ivmin)*dy))+'}}');
  for j:=0 to grlen-1 do begin
    OutLn('\put('+IntToStr(150+round(j*dx))+','
      +IntToStr(70+round((gr[j]-ivmin)*dy))+'){\line(1,0){'
```

```
        +IntToStr(round(dx))+'}}');
      if j<grlen-1 then
        OutLn('\put('+IntToStr(150+round(j*dx)+round(dx))+','
          +IntToStr(70+round((gr[j]-ivmin)*dy))+'){'
          +Ln(0,1,(gr[j+1]-gr[j])*dy)+'}')
      else
        OutLn('\put('+IntToStr(150+round((j+1)*dx))+',70){'
          +Ln(0,1,(gr[j]-ivmin)*dy)+'}');
    end;
    OutLn('}\end{picture}');
    OutLn('');
    OutLn(text);
    OutLn('');
    OutLn('\end{center}');
  end;
```

9. Процедура формирования детализированного графика

Вход.

1. Массив результатов измерений.
2. Время начала графика.

Выход. Детализированный график на выбранном интервале (graph.tex) (рис. 4).

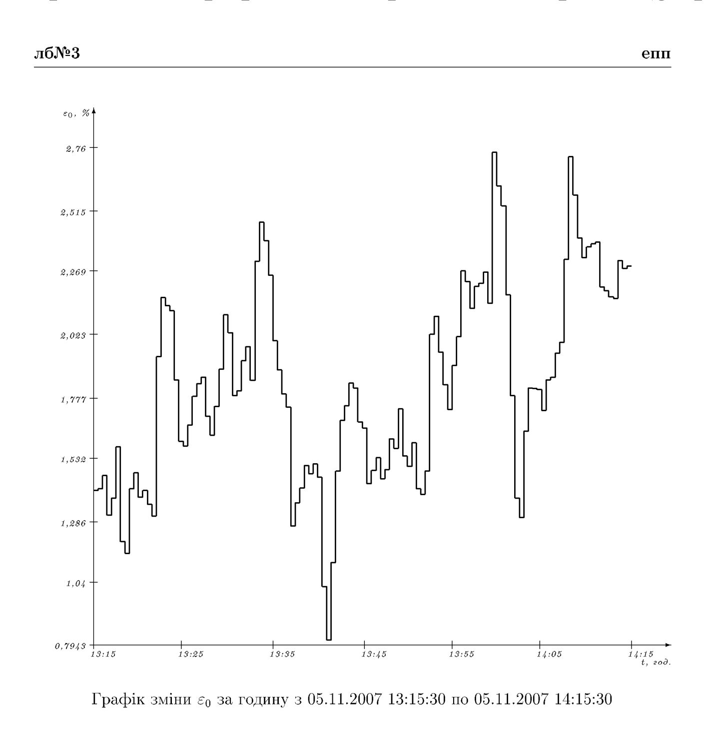


Рисунок 4 – Детализированный график

Преобразования.

1. Вычисление конца интервала.
2. Рисование осей координат.
3. Рисование графика (ломаная линия заменяется набором ступенек).

10. TeX-файл main.tex.

```
\documentclass[12pt]{article}
\usepackage{mystyle}    %стили документа
\usepackage{header}     %верхний колонтитул
\begin{document}
\input{result}          %результаты стат. обработки
\pagebreak
\input{graph}           %детализированный график
\end{document}
```

Заключение

Построенный программно-аппаратный комплекс выводит результаты статистического анализа показателей качества электроэнергии в формате TeX в виде, принятом для отчетов по анализу показателей качества электроэнергии, с минимальным участием оператора.

Литература

1. Мирский Г.Л. Аппаратное определение характеристик случайных процессов. – М.: Энергия, 1972. – 212 с.
2. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промпредприятий.– 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 331 с.
3. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. Качество электроэнергии на промышленных предприятиях.– 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 261 с.
4. Хан Г., Шапиро С. Статистические модели в инженерных задачах. – М.: Мир, 1969. – 186 с.
5. Львовский С.М. Набор и верстка в пакете LaTeX. – 3-е издание, испр. и доп. – М.: МЦНМО, 2003. – 448 с.

П.Г. Плєшков, А.П. Денисенко

Програмно-апаратний комплекс для збору й статистичного аналізу інформації від засобів вимірювання показників якості електроенергії з інтелектуальним формуванням звіту

У статті розроблено програмно-апаратний комплекс для сполучення приладів вимірювання основних показників якості електроенергії з ПК із можливістю статистичної обробки прийнятої інформації.

P.G. Pleshkow, A.P. Denisenko

Hadrware-Software Solution for Collection and Statistical Processing of Information from Measuring Devices of Ratings of Power Quality with Intellectual Report Creation

The software-hardware solution for coupling power quality measuring devices with PC with possibility of statistical processing of received information is developed.

Статья поступила в редакцию 10.07.2008.